

УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени А.М. ГОРЬКОГО

Кафедра экспериментальной физики.

Аспирант Мишин Д.Д.

ВЛИЯНИЕ МАЛЫХ УПРУГИХ НАПРАВЛЕНИЙ НА НАЧАЛЬНУЮ
ВОСПРИИМЧИВОСТЬ ФЕРРОМАГНЕТИКОВ.

Автореферат диссертации
на соискание учёной степени
кандидата физико-матема-
тических наук.

г.Свердловск

1951 г.

§ 1.

Исследование магнитных свойств магнитно-мягких материалов в слабых магнитных полях имеет большое значение для всей электротехники слабых токов. Исследование в этой области представляет также существенный интерес для теории ферромагнетизма. Однако, результаты экспериментальных исследований, произведенных до настоящего времени в этой области, далеко не удовлетворяют запросов техники и недостаточны для построения количественной теории кривой намагничивания в области слабых полей. Магнитные свойства ферромагнетиков в области слабых полей характеризуются начальной восприимчивостью. Эта магнитная характеристика резко чувствительна к структуре материала. В некоторых материалах в зависимости от степени совершенства кристаллической решетки начальная восприимчивость меняется в сто раз. Эта резкая зависимость начальной восприимчивости от структуры серьезно усложняет исследование в этой области, так как несовершенство кристаллической решетки обуславливается обычно внутренними напряжениями или включениями, размеры которых часто порядка микрона или меньше. Последнее делает чрезвычайно трудным проведение опытов с единичной примесью или центром деформации с целью установления их влияния на величину начальной восприимчивости. Поэтому, пока приходится ограничиваться частными случаями: однородных напряжений или однородных включений.

В 1937 г. Кондорский впервые на основе современного представления о процессах намагничивания в слабых полях теоретически исследовал обратимую восприимчивость гомогенных (однородные напряжения) ферромагнетиков. Теория Кондорского позволила объяснить ряд экспериментальных фактов. В 1947 году Вонсовский, используя основные положения теории Кондорского, теоретически исследовал влияние малых упругих напряжений на начальную обратимую восприимчивость ферромагнетиков. Учитывая магнитоупругое взаимодействие, Вонсовский теоретически нашел ряд существенно-новых закономерностей в процессах намагничивания в области слабых полей и вместе с тем облегчил и расширил возможность сравнения теории с экспериментом.

Однако теория Вонсовского не имела достаточного экспериментального подтверждения.

Таким образом и для теории и для практики является весьма актуальной задача получения подробных экспериментальных данных о магнитных свойствах в области слабых полей.

Целью наших исследований являлось экспериментальное изучение зависимости магнитных свойств в слабых полях от слабых упругих напряжений на ряде ферромагнитных материалов при различных магнитно-структурных состояниях и внутренних напряжениях, установлении закономерностей этой зависимости и их сравнение с теорией Вонсовского.

§ 2

Для установления общих закономерностей влияния упругих напряжений на начальную восприимчивость ферромагнетиков нами были исследованы шесть различных, наиболее технически важных, магнитно-мягких материалов с различными по величине и по знаку константами анизотропии и магнитострикции с различными значениями намагниченности насыщения.

Наша работа проводилась в следующем плане:

1. Изучение влияния внутренних напряжений на зависимость начальной восприимчивости от внешних упругих напряжений.
2. Изучение влияния магнитной текстуры на зависимость начальной восприимчивости от внешних упругих напряжений.
3. Изучение зависимости начальной восприимчивости от упругих напряжений в различных кристаллографических направлениях.

Образцы для исследования были изготовлены в форме полосок $0,3 \times 1,5 \times 150$ мм, проволок диаметром $0,5$ мм, длиной 150 мм и трубочек диаметром 1 мм, длиной 150 мм с толщиной стенок $0,1$ мм. Для получения различных структурных состояний эти образцы подвергались различному наклепу и отжигам разных режимов. Для создания различных магнитно-структурных состояний эти образцы подвергались термомагнитным обработкам. Для исследования кристаллографической анизотропии была использована кристаллографически текстурированная холоднокатанная трансформаторная сталь /ХВП/.

Измерения намагниченности производились на высокочувствительном аstaticком магнетометре. Магнитострикция измерялась на специальном магнитострикционном приборе, который вставлялся в катушку магнетометра, что позволило производить одновременное измерение намагниченности и магнитострикции. Нагрузка и разгрузка образцов производилась плавно при помощи специального гидравлического приспособления.

§ 3.

Основные выводы

1. Экспериментально исследована зависимость магнитных свойств в слабых полях от слабых упругих растяжений на шести различных магнитно-мягких материалах /железо, никель, 66-пермаллой, динамная сталь, горячекатанная и холоднокатанная трансформаторная сталь/ при различной степени совершенства кристаллической решетки и различных магнитноструктурных состояниях.

Измерены также кривые магнитострикции этих материалов, по виду которых устанавливалась магнитная текстура образцов в различных состояниях.

2. Исследование влияния внутренних напряжений на зависимость магнитных свойств в слабых полях от слабых упругих напряжений показало, что:

а) в случае железа /знакопеременная магнитострикция/ зависимость начальной восприимчивости от упругих напряжений линейная, причём при уменьшении внутренних напряжений происходит смещение прямой $\chi_0(\sigma)$ в сторону больших восприимчивостей, тангенс угла наклона этой прямой возрастает с уменьшением внутренних напряжений.

б) В случае никеля /отрицательная магнитострикция/ начальная восприимчивость монотонно уменьшается с увеличением упругих растяжений, причем крутизна кривых $\chi_0(\sigma)$ увеличивается с уменьшением внутренних напряжений.

в) В случае трансформаторной стали и 66-пермаллой /положительная магнитострикция/, кривая $\chi_0(\sigma)$ сначала, с увеличением упругих напряжений, растет, затем, достигнув максимума, падает. Положение максимума и величина его зависят от величины внутренних напряжений. При уменьшении внутренних напряжений максимум на кривой $\chi_0(\sigma)$ смещается в сторону меньших упругих растяжений. Абсолютная величина максимума с уменьшением внутренних напряжений возрастает.

г) Во всех случаях при больших внутренних напряжениях начальная восприимчивость не зависит от малых упругих напряжений.

3. Исследование влияния магнитной текстуры, созданной термомагнитной обработкой, на зависимость магнитных свойств в слабых полях от слабых упругих напряжений показало, что:

а) При изотропном распределении магнитных фаз начальная восприимчивость с увеличением упругих напряжений сначала растет, затем, после достижения максимума, падает.

б) В случае резко выраженной магнитной текстуры, при которой направление легкого намагничивания совпадает с осью образца, начальная восприимчивость не зависит от упругого растяжения.

в) В случае резко выраженной магнитной текстуры, при которой направление трудного намагничивания совпадает с осью образца, кривая $\chi_a(\sigma)$ имеет максимум, при чём в данном случае абсолютная величина $(\chi_a(\sigma))_{max}$ больше, чем в случае изотропного состояния. Величина упругого растяжения, при котором кривая $\chi_a(\sigma)$ достигает максимума, также больше, чем в случае изотропного распределения магнитных фаз.

4. Исследование влияния кристаллографической текстуры на зависимость начальной восприимчивости от упругих напряжений, проведенные на образцах кристаллографически текстурированной холоднокатаной трансформаторной стали / ХСП / показало, что:

а) в "тетрагональном" ^(при наклоне) направлении / преимущественная ориентация тетрагональных осей кристаллитов близка к оси образца / начальная восприимчивость не зависит от упругих напряжений.

б) В "тригональном" направлении /преимущественная ориентация тригональных осей кристаллитов близка к оси образца, начальная восприимчивость сначала растет с увеличением упругого растяжения, после достижения максимума, падает. Также установлено зависимость коэрцитивной силы от упругих растяжений для всех этих направлений стали ХВН.

5. Исследование влияния термомагнитной обработки на зависимость начальной восприимчивости от упругих растяжений и на образцах кристаллографически текстурированной трансформаторной стали /ХВН/ показало, что

а) Термомагнитная обработка резко увеличивает начальную восприимчивость только в "тетрагональном" направлении, в "диагональном" и "тригональном" направлениях начальная восприимчивость изменяется незначительно.

б) после термомагнитной обработки начальная восприимчивость в "тетрагональном" и "диагональном" образцах почти не зависит от упругих напряжений.

в) возникновение отрицательной магнитострикции после термомагнитной обработки трансформаторной стали происходит лишь в кристаллитах, направление тетрагональных осей которых совпадает с направлением магнитного поля, накладываемого при охлаждении.

6. Сопоставление полученных нами экспериментальных данных о влиянии упругих напряжений на начальную восприимчивость с выводами теории Зонсовского показывает, что эта теория находится в хорошем согласии с опытными результатами.

7. Результаты эксперимента могут послужить основой рационального выбора материалов для сердечников приборов, работающих в слабых магнитных полях по определению электромагнитным методом напряжений и деформации в деталях машин.

/ МИШИН Д.Д. /

